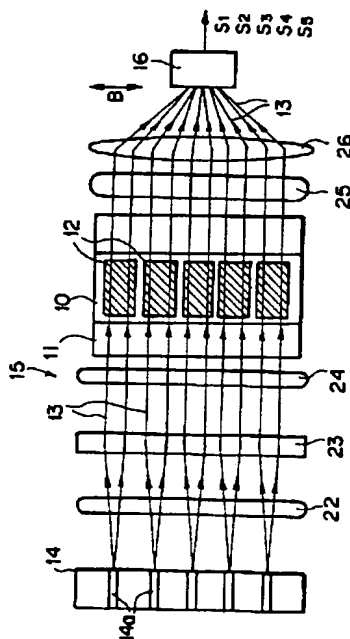


(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成9年(1997)11月11日

技術表示箇所



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プリズムと、

このプリズムの一面に形成されて、試料に接触させられる金属膜と、
複数の発光部を有し、各発光部からそれぞれ光ビームを発する半導体レーザーアレイと、
この半導体レーザーアレイから発せられた複数本の光ビームを前記プリズムに通し、該プリズムと金属膜との界面に対して、各光ビームの中で種々の入射角が得られるように入射させる光学系と、
前記界面で全反射した各光ビームの強度を、前記種々の入射角毎に検出可能な光検出手段とを備えてなる表面プラズモンセンサー。

【請求項2】 前記半導体レーザーアレイが、その複数の発光部から同時に光ビームを発するように駆動され、前記光学系が、前記界面で全反射した複数の光ビームを互いに別の位置に集光するように構成され、
前記光検出手段として、集光された前記複数の光ビームをそれぞれ別個に受光する、各光ビーム毎に専用の受光部を有するものが用いられていることを特徴とする請求項1記載の表面プラズモンセンサー。

【請求項3】 前記半導体レーザーアレイが、その複数の発光部から時間間隔を置いて順次光ビームを発するように駆動され、
前記光学系が、前記界面で全反射した複数の光ビームを共通の位置に集光するように構成され、
前記光検出手段として、集光された前記複数の光ビームに対して共通の受光部を有するものが用いられていることを特徴とする請求項1記載の表面プラズモンセンサー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表面プラズモンの発生を利用して試料中の物質を定量分析する表面プラズモンセンサーに関し、特に詳細には、一度に複数試料についての分析を行なえるようにした表面プラズモンセンサーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】金属中においては、自由電子が集団的に振動して、プラズマ波と呼ばれる粗密波が生じる。そして、金属表面に生じるこの粗密波を量子化したものは、表面プラズモンと呼ばれている。

【0003】従来より、この表面プラズモンが光波によ

って励起される現象を利用して、試料中の物質を定量分析する表面プラズモンセンサーが種々提案されている。そして、それらの中で特に良く知られているものとして、Kretschmann配置と称される系を用いるものが挙げられる（例えば特開平6-167443号参照）。

【0004】上記の系を用いる表面プラズモンセンサーは基本的に、プリズムと、このプリズムの一面に形成されて試料に接触させられる金属膜と、光ビームを発生させる光源と、上記光ビームをプリズムに通し、該プリズムと金属膜との界面に対して種々の入射角が得られるように入射させる光学系と、上記の界面で全反射した光ビームの強度を種々の入射角毎に検出可能な光検出手段とを備えてなるものである。

【0005】なお上述のように種々の入射角を得るためには、比較的細い光ビームを偏向させて上記界面に入射させてもよいし、あるいは光ビームに種々の角度で入射する成分が含まれるように、比較的太い光ビームを上記界面で集束するように入射させてもよい。前者の場合は、光ビームの偏向にともなって反射角が変化する光ビームを、光ビームの偏向に同期移動する小さな光検出器によって検出したり、反射角の変化方向に沿って延びるエリアセンサによって検出することができる。一方後者の場合は、種々の反射角で反射した各光ビームを全て受光できる方向に延びるエリアセンサによって検出することができる。

【0006】上記構成の表面プラズモンセンサーにおいて、光ビームを金属膜に対して全反射角以上の特定入射角 θ_{sp} で入射させると、該金属膜に接している試料中に電界分布をもつエバネッセント波が生じ、このエバネッセント波によって金属膜と試料との界面に表面プラズモンが励起される。エバネッセント光の波数ベクトルが表面プラズモンの波数と等しくて波数整合が成立しているとき、両者は共鳴状態となり、光のエネルギーが表面プラズモンに移行するので、プリズムと金属膜との界面で全反射した光の強度が鋭く低下する。

【0007】この現象が生じる入射角 θ_{sp} より表面プラズモンの波数が分かると、試料の誘電率が求められる。すなわち表面プラズモンの波数を K_{sp} 、表面プラズモンの角周波数を ω 、 c を真空中の光速、 ϵ_a と ϵ_s をそれぞれ金属、試料の誘電率とすると、以下の関係がある。

【0008】

【数1】

$$K_{sp}(\omega) = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\epsilon_m(\omega) \epsilon_s}{\epsilon_m(\omega) + \epsilon_s}}$$

【0009】試料の誘電率 ϵ_s が分かれば、所定の較正曲線等に基づいて試料中の特定物質の濃度が分かるので、結局、上記反射光強度が低下する入射角 θ_{sp} を知る

ことにより、試料中の特定物質を定量分析することができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、以上説明したタイプの表面プラズモンセンサーを使用する場合、作業能率を高めるために、複数の試料についての分析を一度にまとめて行ないたいという要求がある。そのため、1つの光源から発生させた光ビームを複数本に分割し、それら複数本の光ビームをプリズムの金属膜形成面に同時入射させてマルチチャンネル化することが考えられる。

【0011】しかし、そのようにした場合は各チャンネルの光量を十分に確保できず、光検出信号のS/Nが低下し、分析精度が悪くなってしまうため、チャンネル数を余り多く設定できない場合がある。

【0012】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、多数の試料についての分析を一度にまとめて行なうことができ、そして各チャンネルに対するビーム光量を十分に確保して、高い分析精度を得ることができる表面プラズモンセンサーを提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明による表面プラズモンセンサーは、前述したようなプリズムと、金属膜と、光ビームを発生させる光源と、光学系と、光検出手段とを備えてなる表面プラズモンセンサーにおいて、光源として複数の発光部を備えた半導体レーザーアレイを用い、そこから発生せられた複数本の光ビームを利用して複数チャンネルについての分析を同時に、あるいはほぼ同時に行なえるようにしたものである。

【0014】すなわち本発明の表面プラズモンセンサーは、より具体的には、請求項1に記載の通り、プリズムと、このプリズムの一面に形成されて、試料に接触せられる金属膜と、複数の発光部を有し、各発光部からそれぞれ光ビームを発する半導体レーザーアレイと、この半導体レーザーアレイから発生せられた複数本の光ビームを上記プリズムに通し、該プリズムと金属膜との界面に対して、各光ビームの中で種々の入射角が得られるように入射させる光学系と、上記界面で全反射した各光ビームの強度を、上記種々の入射角毎に検出可能な光検出手段とを備えてなるものである。

【0015】なお本発明の一つの実施の形態においては、請求項2に記載のように、半導体レーザーアレイが、その複数の発光部から同時に光ビームを発するように駆動され、上記光学系が、プリズムと金属膜との界面で全反射した複数の光ビームを互いに別の位置に集光するように構成され、光検出手段として、集光された複数の光ビームをそれぞれ別個に受光する、各光ビーム毎に専用の受光部を有するものが用いられる。

【0016】また本発明の別の実施の形態においては、請求項3に記載のように、半導体レーザーアレイが、その複数の発光部から時間間隔を置いて順次光ビームを発するように駆動され、上記光学系が、プリズムと金属膜

との界面で全反射した複数の光ビームを共通の位置に集光するように構成され、光検出手段として、集光された複数の光ビームに対して共通の受光部を有するものが用いられる。

【0017】

【発明の効果】本発明の表面プラズモンセンサーにおいては、半導体レーザーアレイから発生せられた複数本の光ビームを利用できるので、多数の試料についての分析を一度にまとめて同時に、あるいはほぼ同時に行なうことができる。

【0018】そして各チャンネルにおいて使用される光ビームは、本来1本の光ビームを複数本に分割したようなものではなく、半導体レーザーアレイの複数の発光部から各々発生せられたものであるから、それぞれの光量を十分に確保して、高い分析精度を得ることができる。

【0019】なお、本発明の表面プラズモンセンサーを請求項2に記載のように構成した場合は、半導体レーザーアレイから発生せられる複数本の光ビームを並列的に使用して、複数チャンネルについての分析を同時に行なうことができる。

【0020】一方、本発明の表面プラズモンセンサーを請求項3に記載のように構成した場合は、複数チャンネルについての分析を全く同時に行なうことはできないが、光検出手段として、複数の光ビームに対して共通の受光部を有する簡単な構成のものが用いられるから、この表面プラズモンセンサーは比較的低コストで作製可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1および図2はそれぞれ、本発明の1つの実施形態である表面プラズモンセンサーの平面形状、側面形状を示すものである。

【0022】図示されるようにこの表面プラズモンセンサーは、半円柱形のプリズム10と、このプリズム10の一面（図2中の下面）に形成されて、試料11に接触せられる例えば金、銀等からなる金属膜12と、一例として5個の発光部（ストライプ）14aを有してそれらから各々光ビーム13を発生させる半導体レーザーアレイ14と、上記光ビーム13をプリズム10に通し、該プリズム10と金属膜12との界面10aに対して、1本の光ビーム13毎に種々の入射角が得られるように入射させる光学系15と、上記界面10aで全反射した光ビーム13の強度を検出する光検出手段16とを備えている。

【0023】光学系15は、半導体レーザーアレイ14の各発光部14aから発散光状態で出射した光ビーム13をプリズム10の長軸に垂直な面内のみで集光する入射側シリンドリカルレンズ22、24と、この光ビーム13を平面視状態で平行光化する入射側シリンドリカルレンズ23と、全反射して上記面内で発散光状態となった光ビーム13を平行光化する出射側シリンドリカルレンズ25と、この光ビー

ム13を平面視状態で集光する出射側シリンドリカルレンズ26とから構成されている。なおシリンドリカルレンズ26による5本の光ビーム13の集光位置は、互いに異なるものとされている。

【0024】各光ビーム13は、入射側シリンドリカルレンズ22および24の作用により上述のように集束するので、図2に最小入射角 θ_1 と最大入射角 θ_2 とを例示するように、界面10aに対して種々の入射角 θ で入射する成分を含むことになる。なおこの入射角 θ は、全反射角以上の角度とされる。そこで、各光ビーム13は界面10aで全反射し、この反射した光ビーム13には、種々の反射角で反射する成分が含まれることになる。

【0025】一方光検出手段16としては、種々の反射角で反射した全部の光ビーム13を受光できる方向、つまり図2の矢印A方向に多数の受光素子が並設されるとともに、このような受光素子列が図1の矢印B方向に5本並設されてなる、例えばCCDエリアセンサ等が用いられている。この光検出手段16は、上記5本の受光素子列がそれぞれ、シリンドリカルレンズ26による5本の光ビーム13の集光位置と整合するように配置されている。

【0026】そこで、該光検出手段16の各受光素子列毎に出力される光検出信号 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 は、5本の光ビーム13の強度を個別に示すものとなる。また1組の光検出信号 S_m ($m=1, 2, 3, 4, 5$)における各受光素子毎の光検出信号は、上記種々の反射角毎に(つまり、種々の入射角毎に)光ビーム13の強度を示すものとなる。

【0027】以下、上記構成の表面プラズモンセンサーによる試料分析について説明する。金属膜12は複数(一例として5個)設けられており、各金属膜12に対してそれぞれ別個の試料11を接触させておくことができる。複数の金属膜12は、全て同じものが用いられても、あるいは互いに別のものが用いられてもよい。

【0028】試料分析に際しては、入射側シリンドリカルレンズ22および24の作用で前述のように集束する5本の光ビーム13が、それぞれ金属膜12に向けて同時に照射される。この金属膜12とプリズム10との界面10aで全反射した光ビーム13は、光検出手段16によって検出される。

【0029】前述の通り、光検出手段16の各受光素子列毎に出力される光検出信号 S_m は、全反射した光ビーム13の強度 I を入射角 θ 毎に示すものとなる。そしてこの反射光強度 I と入射角 θ との関係は、概ね図3に示すようなものとなる。

【0030】ここで、ある特定の入射角 θ_{sp} で入射した光は、金属膜12と試料11との界面に表面プラズモンを励

起させるので、この光については反射光強度 I が鋭く低下する。光検出手段16の各受光素子毎に出力される光検出信号 S を用いれば上記入射角 θ_{sp} が分かり、この θ_{sp} の値に基づいて試料11中の特定物質を定量分析することができる。その理由は、先に詳しく説明した通りである。

【0031】そして、5つの金属膜12に向けてそれぞれ光ビーム13が照射されるので、光検出手段16の各受光素子列毎に光検出信号 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 が出力され、各金属膜12に接触している5個の試料11の分析が同時になされ得る。このようにして、本装置によれば、複数の試料11についての分析を短い時間間隔で一度にまとめて行なえるようになる。

【0032】また、各チャンネルにおいて使用される光ビーム13は、本来1本の光ビームを複数本に分割したようなものではなく、半導体レーザーアレイ14の複数の発光部14aから各々発せられたものであるから、それぞれの光量を十分に確保して、高い分析精度を得ることができる。

【0033】なお半導体レーザーアレイ14は、その複数の発光部14aから時間間隔を置いて順次光ビーム13を発するように駆動されてもよい。その場合は、前記界面10aで全反射した複数の光ビーム13を互いに共通の位置に集光するように光学系を形成すれば、光検出手段16として、集光された複数の光ビーム13に対して共通の受光部を有する比較的簡単な構成のものを用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である表面プラズモンセンサーの平面図

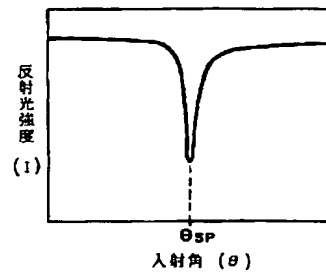
【図2】上記表面プラズモンセンサーの側面図

【図3】表面プラズモンセンサーにおける光ビーム入射角と光検出手段の出力との概略関係を示すグラフ

【符号の説明】

- 10 プリズム
- 10a プリズムと金属膜との界面
- 11 試料
- 12 金属膜
- 13 光ビーム
- 14 半導体レーザーアレイ
- 14a 半導体レーザーアレイの発光部
- 15 光学系
- 16 光検出手段
- 22、23、24 入射側シリンドリカルレンズ
- 25、26 出射側シリンドリカルレンズ

【図3】



【図2】

